



**PATENT APPLICATION**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re application of

Docket No: Q80755

Kesahiro KOIKE

Appln. No.: 10/809,523

Group Art Unit: Not Yet Assigned

Confirmation No.: Not Yet Assigned

Examiner: Not Yet Assigned

Filed: March 26, 2004

For: METHOD OF PRODUCING A GLASS SUBSTRATE FOR A MASK BLANK AND  
METHOD OF PRODUCING A MASK BLANK

**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of the priority document on which a claim to  
priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to  
acknowledge receipt of said priority document.

Respectfully submitted,

SUGHRUE MION, PLLC  
Telephone: (202) 293-7060  
Facsimile: (202) 293-7860

  
Alan J. Kasper  
Registration No. 25,426

WASHINGTON OFFICE

**23373**

CUSTOMER NUMBER

Enclosures: Japan 2003-090682

Date: May 6, 2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 3 月 2 8 日

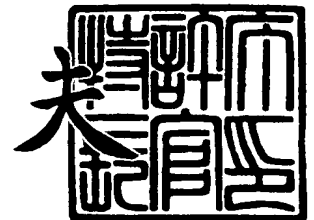
出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 0 9 0 6 8 2  
[ST. 10/C]: [ J P 2 0 0 3 - 0 9 0 6 8 2 ]

出 願 人  
Applicant(s): H O Y A 株 式 会 社

2 0 0 4 年 3 月 2 5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 HOY1506A

【提出日】 平成15年 3月28日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号 H O Y A 株式会社  
                                内

    【氏名】 小池 今朝広

【特許出願人】

    【識別番号】 000113263

    【氏名又は名称】 H O Y A 株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100086759

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 渡辺 喜平

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 013619

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マスクブランク用ガラス基板の製造方法、及びマスクブランクスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マスクブランク用ガラス基板表面の凹凸形状を測定する凹凸形状測定工程と、

前記凹凸形状測定工程で得られた測定結果にもとづいて、前記ガラス基板表面に存在する凸部位の凸度を特定するとともに、この凸度に応じた加工条件で前記凸部位に局所加工を施すことにより、前記ガラス基板表面の平坦度を所定の基準値以下に制御する平坦度制御工程と、

前記平坦度制御工程の後、前記局所加工が施された前記ガラス基板表面を、研磨用工具面に接触させることなく、前記ガラス基板表面と前記研磨用工具面との間に介在する加工液の作用で研磨する非接触研磨工程と、

を有することを特徴とするマスクブランク用ガラス基板の製造方法。

【請求項 2】 前記非接触研磨工程が、フロートポリッシングによって行われることを特徴とする請求項 1 記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法。

【請求項 3】 前記加工液が、  
水、酸性水溶液、アルカリ性水溶液のいずれかの水溶液、  
又は、前記いずれかの水溶液と、コロイダルシリカ、酸化セリウム、酸化ジルコニウム、酸化アルミニウムから選ばれる少なくとも一種の微細粉末粒子とを含有したもの

であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法。

【請求項 4】 前記局所加工が、プラズマエッチング又はガスクラスタライオンビームによって行われることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法。

【請求項 5】 前記基準値が、 $0.25\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法。

【請求項 6】 請求項 1～5 のいずれかに記載されるマスクブランク用ガラス基板の製造方法によって得られたマスクブランク用ガラス基板上に、被転写パターンとなる薄膜を形成することを特徴とするマスクブランクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、マスクブランク用ガラス基板の製造方法、及びマスクブランクの製造方法に関し、特に、F2（波長：157nm）、EUV（波長：13nm）などの超短波長域の光を露光光源として用いるマスクブランク用ガラス基板の製造方法、及びマスクブランクの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年における超LSI デバイスの高密度化や高精度化に伴い、マスクブランク用ガラス基板に要求される基板表面の微細化傾向は年々厳しくなる状況にある。特に、露光光源の波長が短くなるにしたがって、基板表面の形状精度（平坦性）や品質（欠陥サイズ）に対する要求が厳しくなっており、きわめて平坦度が高く、かつ、微小欠陥がないマスクブランク用ガラス基板が求められている。

【0003】

例えば、露光光源がF2の場合は、要求されるガラス基板の平坦度が0.25 $\mu$ m以下、要求される欠陥サイズが0.07 $\mu$ m以下であり、さらにEUVの場合は、要求されるガラス基板の平坦度が0.05 $\mu$ m以下、要求される欠陥サイズが0.05 $\mu$ m以下となっている。

【0004】

従来、マスクブランク用ガラス基板の製造に際し、表面粗さを低減するための精密研磨方法が提案されている（例えば、特許文献1参照。）。

特許文献1に示される精密研磨方法は、基板表面を、酸化セリウムを主材とする研磨剤を用いて研磨した後、コロイダルシリカを用いて仕上げ研磨するものである。このような研磨方法でガラス基板を研磨する場合は、通常、複数のガラス

基板をセットし、その両面を同時に研磨するバッチ式の両面研磨機が使用されている。

#### 【0005】

ところで、上記の精密研磨方法によれば、理論上、研磨砥粒の平均粒径を小さくすることにより、要求平滑度を達成することが可能であるが、実際は、ガラス基板を保持するキャリア、ガラス基板を挟む定盤、キャリアを動かす遊星歯車機構などの機械的な精度に影響を受けるため、安定して得られるガラス基板の平坦度は $0.5\mu\text{m}$ 程度が限界であった。

#### 【0006】

そこで、近年においては、プラズマエッチングやガスクラスタージェットによる局所加工を用いたガラス基板の平坦化方法が提案されている（例えば、特許文献2、3参照。）。

特許文献2、3に示される平坦化方法は、ガラス基板表面の凹凸形状を測定するとともに、凸部位の凸度に応じた加工条件（プラズマエッチング量、ガスクラスタージェット量など）で凸部位に局所加工を施すことにより、ガラス基板表面を平坦化するというものである。

#### 【0007】

##### 【特許文献1】

特開昭64-40267号公報（第2頁）

##### 【特許文献2】

特開2002-316835号公報（第3頁）

##### 【特許文献3】

特開平8-293483号公報（第3頁、第1図）

#### 【0008】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、プラズマエッチングやガスクラスタージェットによる局所加工でガラス基板表面の平坦度を調整した場合、これらの局所加工後、ガラス基板表面に面荒れが生じたり、傷、加工変質層などの表面欠陥が生じるため、局所加工後に、面荒れの改善や表面欠陥の除去を目的として、ガラス基板表面を研磨する

必要がある。

#### 【0009】

しかしながら、局所加工後の研磨において、研磨パッドなどの研磨用工具面がガラス基板表面に直接接触すると、ガラス基板表面の平坦度を悪化させる可能性があり、研磨時間が極短時間に制限されるため、面荒れの改善や表面欠陥の除去を十分に行うことができないという問題があった。

#### 【0010】

本発明は、上記の事情にかんがみなされたものであり、局所加工が施されたガラス基板表面を、局所加工による面荒れの改善や表面欠陥の除去を目的として研磨するにあたり、この研磨工程において、ガラス基板表面の平坦度を維持しつつ、ガラス基板表面の面荒れを改善するとともに、ガラス基板表面の表面欠陥を除去することにより、平坦度及び平滑度が高く、かつ、表面欠陥のないマスクブランクス用ガラス基板、又は、それを用いたマスクブランクスが得られるマスクブランクス用ガラス基板の製造方法、及びマスクブランクスの製造方法を提供することを目的としている。

#### 【0011】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため本発明におけるマスクブランクス用ガラス基板の製造方法は、マスクブランクス用ガラス基板表面の凹凸形状を測定する凹凸形状測定工程と、前記凹凸形状測定工程で得られた測定結果にもとづいて、前記ガラス基板表面に存在する凸部位の凸度を特定するとともに、この凸度に応じた加工条件で前記凸部位に局所加工を施すことにより、前記ガラス基板表面の平坦度を所定の基準値以下に制御する平坦度制御工程と、前記平坦度制御工程の後、前記局所加工が施された前記ガラス基板表面を、研磨用工具面に接触させることなく、前記ガラス基板表面と前記研磨用工具面との間に介在する加工液の作用で研磨する非接触研磨工程とを有する方法としてある。

#### 【0012】

マスクブランクス用ガラス基板の製造方法をこのような方法にすれば、局所加工が施されたガラス基板表面を、局所加工による面荒れの改善や表面欠陥の除去

を目的として研磨するにあたり、この研磨において、ガラス基板表面を、研磨用工具面に接触させることなく、ガラス基板表面と前記研磨用工具面との間に介在する加工液の作用で研磨する非接触研磨を適用することにより、ガラス基板表面の平坦度を維持しつつ、ガラス基板表面の面荒れを改善するとともに、ガラス基板表面の表面欠陥を除去することが可能になる。

非接触研磨の具体的な方法としては、フロートポリッシング、EEM (Elastic Emission Machining)、ハイドロプレーンポリッシングなどが挙げられる。

#### 【0013】

また、本発明のマスクブランク用ガラス基板の製造方法は、前記非接触研磨工程が、フロートポリッシングによって行われる方法としてある。

マスクブランク用ガラス基板の製造方法をこのような方法にすれば、ガラス基板を浮上させながら、ガラス基板表面に加工液を接触させ、又は微細粉末粒子を衝突させ、ガラス基板表面をきわめて微少な力で研磨することができるため、ガラス基板表面の平坦度を維持しつつ、局所加工による面荒れの改善して超微細な表面粗さとできるだけでなく、微細な表面欠陥も除去することができる。

#### 【0014】

また、本発明のマスクブランク用ガラス基板の製造方法は、前記加工液が、水、酸性水溶液、アルカリ性水溶液のいずれかの水溶液、又は、前記いずれかの水溶液と、コロイダルシリカ、酸化セリウム、酸化ジルコニウム、酸化アルミニウムから選ばれる少なくとも一種の微細粉末粒子とを含有したものとしてある。

マスクブランク用ガラス基板の製造方法をこのような方法にすれば、ガラス基板表面に作用する研磨力を微小とし、研磨による平坦度の悪化を確実に回避できる。また、アルカリ性水溶液を含有する加工液を用いれば、研磨速度を向上させることができるだけでなく、ガラス基板表面に潜在化している傷などの欠陥を顕在化させることができる。

#### 【0015】

また、本発明におけるマスクブランク用ガラス基板の製造方法は、前記局所



加工が、プラズマエッチング又はガスクラスタイオンビームによって行われる方法としてある。

マスクブランク用ガラス基板の製造方法をこのような方法にすれば、ガラス基板表面における凸部位の凸度に応じて、イオンビームの移動速度やプラズマ発生筐体の移動速度を制御することにより、ガラス基板表面の凸部位に適正な局所加工を施し、平坦度を所定の基準値以下に制御することができる。

また、ガラス基板表面における凸部位の凸度に応じて、イオンビーム強度やプラズマ強度を制御するようにしてもよい。

#### 【0016】

また、本発明におけるマスクブランク用ガラス基板の製造方法は、前記基準値が、 $0.25\mu\text{m}$ 以下としてある。

マスクブランク用ガラス基板の製造方法をこのような方法にすれば、平坦度の基準値を $0.25\mu\text{m}$ として局所加工を施すことにより、平坦度 $0.25\mu\text{m}$ 以下を要求するF2マスクブランク用ガラス基板が得られる。

また、平坦度の基準値を $0.05\mu\text{m}$ として局所加工を施すことにより、平坦度 $0.05\mu\text{m}$ 以下を要求するEUVマスクブランク用ガラス基板が得られる。

#### 【0017】

また、上記目的を達成するため本発明におけるマスクブランクの製造方法は、上記マスクブランク用ガラス基板の製造方法によって得られたマスクブランク用ガラス基板上に、被転写パターンとなる薄膜を形成する方法としてある。

マスクブランクの製造方法をこのような方法にすれば、要求される平坦度を有し、表面欠陥のない高品質なF2マスクブランクやEUVマスクブランクが得られる。

#### 【0018】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。

#### 【0019】

[マスクブランク用ガラス基板の製造方法]

まず、本発明におけるマスクブランク用ガラス基板の製造方法について、図面を参照して説明する。

### 【0020】

図1は、マスクブランク用ガラス基板の製造工程を示すフローチャートである。

この図に示すように、本発明におけるマスクブランク用ガラス基板の製造工程は、表面が精密研磨されたガラス基板を準備する準備工程（P-1）と、ガラス基板表面の凹凸形状を測定する凹凸形状測定工程（P-2）と、局所加工によってガラス基板表面の平坦度を制御する平坦度制御工程（P-3）と、ガラス基板表面を非接触で研磨する非接触研磨工程（P-4）とを有する。

### 【0021】

#### <準備工程（P-1）>

準備工程（P-1）は、例えば、後述する研磨装置を用いて、片面又は両面が精密研磨されたガラス基板を準備する工程である。

ガラス基板は、マスクブランクとして用いられるものであれば、特に限定されない。例えば、石英ガラス、ソーダライムガラス、アルミノシリケートガラス、ボロシリケートガラス、無アルカリガラスなどが挙げられる。

F2マスクブランク用ガラス基板の場合は、露光光源の吸収を可及的に抑えるために、弗素をドーピングした石英ガラスなどが用いられる。

### 【0022】

EUVマスクブランク用ガラス基板の場合は、露光時の熱による被転写パターンの歪みを抑えるために、 $0 \pm 1.0 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ の範囲内、より好ましくは $0 \pm 0.3 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ の範囲内の低熱膨張係数を有するガラス材料が使用される。

また、EUV用マスクブランクは、ガラス基板上に多数の膜が形成されるため、膜応力による変形を抑制できる剛性の高いガラス材料が使用される。特に、 $65\text{ GPa}$ 以上の高いヤング率を有するガラス材料が好ましい。例えば、 $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ 系ガラス、石英ガラスなどのアモルファスガラスや、 $\beta$ -石英固溶体を析出した結晶化ガラスが用いられる。

**【0023】**

図2は、研磨装置の概略断面図である。

この図に示される研磨装置10は、下定盤11、上定盤12、太陽歯車13、内歯歯車14、キャリア15及び研磨剤供給手段16からなる遊星歯車方式の研磨加工部を備えている。この研磨加工部は、キャリア15にセットされたガラス基板を、研磨パッド11a、12aが貼り付けられた上下の定盤11、12で挟み、定盤11、12間に研磨剤を供給しながら、キャリア15を自転及び公転させることにより、ガラス基板の両面を研磨するものである。以下、研磨加工部の構成について説明する。

**【0024】**

下定盤11及び上定盤12は、いずれも円環状の水平面を有する円盤部材であり、その対向面に研磨パッド11a、12aが貼り付けられている。下定盤11及び上定盤12は、垂直軸A（研磨加工部の中心を通る垂直軸）を中心として回転可能に支持されるとともに、図示しない定盤回転駆動部に連係されており、その駆動によって回転動作される。

また、上定盤12は、垂直軸Aに沿って昇降自在に支持されるとともに、図示しない上定盤昇降駆動部の駆動によって昇降動作される。

**【0025】**

太陽歯車13は、研磨加工部の中央位置に回転可能に設けられ、図示しない太陽歯車回転駆動部の駆動により、垂直軸Aを中心として回転動作される。

内歯歯車14は、内周側に歯列を有するリング状の歯車であり、太陽歯車13の外方に同心円状に配置されている。図2に示される内歯歯車14は、回転不能に固定されているが、垂直軸Aを中心として回転動作させてもよい。

キャリア（遊星歯車）15は、外周部に歯列を有する薄板状の円盤部材であり、ガラス基板を保持するためのワーク保持孔が一又は複数個形成されている。

**【0026】**

研磨加工部には、通常、複数個のキャリア15が配置される。これらのキャリア15は、太陽歯車13及び内歯歯車14に噛み合い、太陽歯車13（及び／又は内歯歯車14）の回転に応じて、太陽歯車13の周囲を公転しつつ自転する。

また、上定盤 12 及び下定盤 11 の外径は、内歯歯車 14 の内径よりも小さくなっており、太陽歯車 130 と内歯歯車 140 との間で、かつ上定盤 12 と下定盤 11 とに挟まれるドーナツ状の領域が実際の研磨領域となる。

#### 【0027】

研磨剤供給手段 16 は、研磨剤を貯溜する研磨剤貯留部 16a と、研磨剤貯留部 16a に貯溜された研磨剤を、上定盤 12 と下定盤 11 との間の研磨領域に供給する複数のチューブ 16b とを備えて構成されている。

研磨剤としては、微細な研磨粒子を液体中に分散させたものが用いられる。研磨粒子は、例えば、炭化珪素、酸化アルミニウム、酸化セリウム、酸化ジルコニウム、酸化マンガン、コロイダルシリカなどであり、ガラス基板の材質、加工表面粗さなどに応じて適宜選択される。これらの研磨粒子は、水、酸性溶液、アルカリ性溶液などの液体中に分散されて研磨剤となる。

#### 【0028】

準備工程（P-1）は、少なくとも、ガラス基板の両面を粗研磨する粗研磨工程と、粗研磨されたガラス基板の両面を精密研磨する精密研磨工程とを有し、段階的な研磨を行う。

例えば、粗研磨工程では、比較的研磨砥粒の大きい酸化セリウムを分散させた研磨剤が使用され、精密研磨工程では、比較的研磨砥粒の小さいコロイダルシリカを分散させた研磨剤が使用される。

#### 【0029】

##### <凹凸形状測定工程（P-2）>

凹凸形状測定工程（P-2）は、前工程（P-1）で準備されたガラス基板表面の凹凸形状（平坦度）を測定する工程である。

凹凸形状の測定は、測定精度の点から光学干渉式の平坦度測定装置で行うことが好ましい。この平坦度測定装置は、コヒーレントな光をガラス基板表面に当てて反射させ、ガラス基板表面の高さの差を反射光の位相のずれとして観測するものである。

なお、本発明における平坦度は、例えば、ガラス基板表面の測定面から最小自乗法で算出される仮想絶対平面（焦平面）に対する測定面の最大値と最小値の差

をいう。

### 【0030】

凹凸形状の測定結果は、コンピュータなどの記録媒体に保存される。その後、予め設定された所定の基準値（所望の平坦度）と比較され、その差分がコンピュータなどの演算手段によって計算される。この差分は、ガラス基板表面の所定領域ごとに計算されるものであり、所定領域は、局所加工における加工領域と一致するように設定される。これにより、各測定領域における上記の差分が、局所加工における各加工領域の必要除去量となる。

なお、上記の演算処理は、凹凸形状測定工程（P-2）、平坦度制御工程（P-3）のいずれで行ってもよい。

### 【0031】

<平坦度制御工程（P-3）>

平坦度制御工程（P-3）は、凹凸形状測定工程（P-2）で得られた測定結果にもとづいて、ガラス基板表面に存在する凸部位の凸度を特定するとともに、この凸度に応じた加工条件で凸部位に局所加工を施すことにより、ガラス基板表面の平坦度を所定の基準値以下に制御する工程である。

### 【0032】

局所加工は、ガラス基板表面における所定領域ごとに設定された加工条件にしたがって行われる。この加工条件は、上述のように、平坦度測定装置によって測定されたガラス基板表面の凹凸形状と、予め設定される平坦度基準値との差分（局所加工の必要除去量）にもとづいて設定される。

加工条件のパラメータは、加工装置によって異なるが、凸部位の凸度が大きいほど除去量が多くなるように設定する。例えば、局所加工の加工方式が、イオンビームやプラズマエッチングである場合、凸部位の凸度が大きいほど、イオンビームの移動速度やプラズマ発生筐体の移動速度が遅くなるように制御される。また、イオンビームの強度やプラズマ強度を制御してもよい。

### 【0033】

平坦度制御工程（P-3）で用いられる局所加工方法としては、上記イオンビームやプラズマエッチングのほか、MRF（Magnetorheologic

al Finishing)、CMP (Chemical-Mechanical Polishing) などが挙げられる。

MR Fは、磁性流体中に含有させた研磨砥粒を、被加工物（ガラス基板）に高速で接触させるとともに、接触部分の滞留時間をコントロールすることにより、局所的に研磨を行う局所加工方法である。

#### 【0034】

CMPは、小径研磨パッド及び研磨剤（コロイダルシリカなどの研磨砥粒を含有）を用い、小径研磨パッドと被加工物（ガラス基板）との接触部分の滞留時間をコントロールすることにより、主に被加工物表面の凸部分を研磨加工する局所加工方法である。

これらの局所加工方法のなかでも、特に、イオンビーム、プラズマエッチング、CMPによる局所加工では、局所加工後、ガラス基板表面に面荒れや加工変質層が生じるため、後述の酸処理が特に有効となる。

#### 【0035】

以下、平坦度制御工程（P-3）において特に好適なプラズマエッチング及びイオンビームによる局所加工について説明する。

プラズマエッチングによる局所加工方法は、除去すべき表面部位の上方にプラズマ発生筐体を位置させ、エッチングガスを流すことにより、除去部位をエッチングする局所加工方法である。すなわち、エッチングガスを流すと、プラズマ中で発生した中性ラジカル種がガラス基板表面を等方的に攻撃し、この部分がエッチングされる。一方、プラズマ発生筐体が位置していない部分には、プラズマが生じていないので、エッチングガスが当たってもエッチングされることは無い。

#### 【0036】

プラズマ発生筐体をガラス基板上で動かす際、ガラス基板表面の必要除去量に応じて、プラズマ発生筐体の移動速度やプラズマ強度を制御することにより、除去量が調整される。

プラズマ発生筐体は、電極対でガラス基板を挟む構造とし、高周波によって基板と電極の間にプラズマを発生させ、ここにエッチングガスを通すことでラジカル種を発生させる方式や、エッチングガスを導波管に通し、マイクロ波の発振に

よりプラズマを生じさせ、発生したラジカル種の流れをガラス基板表面に当てる方式などがある。

#### 【0037】

また、エッチングガスは、ガラス基板の材質に応じて適宜選択される。例えば、ハロゲン化合物のガス、又はハロゲン化合物を含む混合ガスなどが使用される。具体的には、四弗化メタン、三弗化メタン、六弗化エタン、八弗化プロパン、十弗化ブタン、弗化水素、六弗化硫黄、三弗化窒素、四塩化炭素、四弗化珪素、三弗化塩化メタン、三塩化硼素などが挙げられる。

#### 【0038】

イオンビーム（ガスクラスタールイオンビーム照射）による局所加工方法は、常温及び常圧で気体状の物質、例えば、酸化物、窒化物、炭化物、希ガス物質、又はこれらの混合気体（上記の物質を適度な割合で混合した混合気体状の物質）などを用い、これら物質のガスクラスタールを形成し、これに電子照射してイオン化したガスクラスタールイオンビームを、必要に応じて照射領域を制御しながら、固体表面（ガラス基板表面）に照射する局所加工方法である。

#### 【0039】

クラスタールは、通常、数百個の原子又は分子集団によって構成されており、たとえ加速電圧が10kVでも、それぞれの原子又は分子は、数十eV以下の超低速イオンビームとして照射されるため、きわめて低損傷でガラス基板表面を処理することができる。

このガスクラスタールイオンビームをガラス基板表面に照射すると、クラスタールイオンを構成する分子又は原子や、ガラス基板表面の原子が多段階に衝突し、横方向の運動成分を持った反射分子又は原子を生じさせる。これにより、ガラス基板表面の凸部位に選択的なスパッタリングが生じ、ガラス基板表面の平坦化を行うことが可能になる。また、この平坦化現象は、ガラス基板表面に集中的に与えられるエネルギーにより、結合力の弱い表面や粒に存在する原子を優先的にスパッタリングする効果からも得られる。

#### 【0040】

なお、ガスクラスタールそのものの生成については、既に公知のように、加圧状

態の気体を、膨張型ノズルを介して、真空装置内に噴出させることで生成可能である。このようにして生成したガスクラスタは、電子を照射してイオン化することができる。

ここで、気体状の物質としては、例えば、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ などの酸化物、 $\text{O}_2$ 、 $\text{N}_2$ や、 $\text{Ar}$ 、 $\text{He}$ などの希ガスが挙げられる。

#### 【0041】

マスクブランクス用ガラス基板に要求される平坦度は、マスクブランクスにおいて使用される露光光源の波長に応じて決められており、この要求平坦度に応じて、平坦度制御工程（P-3）における平坦度制御の基準値が決定される。

例えば、F2マスクブランクス用ガラス基板の場合は、平坦度制御の基準値を $0.25\mu\text{m}$ 以下とし、EUVマスクブランクス用ガラス基板の場合は、平坦度制御の基準値を $0.05\mu\text{m}$ 以下として局所加工が行われる。

#### 【0042】

<非接触研磨工程（P-4）>

非接触研磨工程（P-4）は、平坦度制御工程（P-3）で局所加工が施されたガラス基板表面を、研磨用工具面に接触させることなく、ガラス基板表面と研磨用工具面との間に介在する加工液の作用で研磨する工程である。

この工程で用いる非接触研磨方法は特に限定されない。例えば、フロートポリッシング、EEM、ハイドロプレーンポリッシングなどが挙げられる。

#### 【0043】

非接触研磨で使用する加工液中に含有させる微細粉末粒子としては、ガラス基板の表面粗さを低減させるために、平均粒径の小さいものが選択される。平均粒径が、数十nm以下、さらには数nm以下であることが好ましい。平均粒径が小さい研磨砥粒としては、酸化セリウム、シリカ（ $\text{SiO}_2$ ）、コロイダルシリカ、酸化ジルコニウム、二酸化マンガン、酸化アルミニウムなどが挙げられるが、中でも、ガラス基板の場合、表面平滑性の点でコロイダルシリカが好ましい。

#### 【0044】

非接触研磨では、水、酸性水溶液、アルカリ性水溶液のいずれかの水溶液を加工液としてもよいし、上記いずれかの水溶液と上述の微細粉末粒子とを含有した



ものを加工液としてもよい。

水を使用する場合は、純水、超純水が好ましい。

酸性水溶液としては、硫酸、塩酸、フッ酸、ケイフッ酸などの水溶液が挙げられる。非接触研磨における加工液に酸性水溶液を含有させることにより、研磨速度が向上する。ただし、酸の種類や濃度が高い場合は、ガラス基板を荒してしまうことがあるので、ガラス基板が荒れない酸、濃度を適宜選定する。

#### 【0045】

アルカリ性水溶液としては、水酸化カリウム、水酸化ナトリウムなどの水溶液が挙げられる。非接触研磨における加工液にアルカリ性水溶液を含有させると、研磨速度が向上する。また、ガラス基板表面に潜在的な極微細な欠陥（クラック、傷等）が存在する場合、それを顕著化することができるため、あとの検査工程で微小欠陥を確実に検出することが可能になる。アルカリ性水溶液は、加工液に含まれる研磨砥粒が溶解しない範囲で調整され、加工液としてpHが9～12となるように調整することが好ましい。

#### 【0046】

以下、フロートポリッシング、EEM及びハイドロプレーンポリッシングの加工原理について説明する。

フロートポリッシングで使用するポリッシングプレート面は、加工液がリードされる溝と動圧を発生させる形状を有する。また、加工液は、溶媒（純水やアルカリ性水溶液等）に数nmから数十nmの微細粉末粒子を懸濁させたものを使用し、その加工液中でポリッシングプレート軸（主軸）と被加工物（ガラス基板）の回転軸とを一定距離だけ偏心させた状態で、ポリッシングプレート及び被加工物を同時に同一方向に回転させる。

#### 【0047】

このとき、被加工物が上下方向に自由にフローティングし、回転トルクだけが伝達されるような状態にしておくと、動圧効果により被加工物とポリッシングプレートとの間にわずかな隙間ができ、被加工物は浮き上がる。このすき間を通過する微細粉末粒子の加工面への衝突により、微小破壊が繰り返され、被加工物の加工が進行する。このような加工原理なので、被加工物を超微細な表面粗さに加

工でき、また、加工自体が小さな力で行われるので、加工変質層のない加工面に仕上げることができる。

被加工物がガラス基板の場合、微細粉末粒子としては、 $\text{CeO}_2$ （超高純度）、コロイダルシリカなどを使用することができる。

#### 【0048】

ＥＥＭは、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下の微細粉末粒子を被加工物に対してほぼ無荷重状態で接触させ、そのとき微細粉末粒子と被加工物の界面で発生する相互作用（一種の化学結合）により、被加工物表面原子を原子単位で除去するという非接触研磨方法である。このような加工原理上、加工特性は微細粉末粒子と被加工物の相性に大きく依存し、被加工物を能率的に加工するためには、被加工物の材料に応じて微細粉末粒子を適宜選択する必要がある。例えば、被加工物がガラス基板の場合、微細粉末粒子としては、酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、コロイダルシリカなどを使用することができる。また、加工速度を向上させるために、被加工物を侵食させる溶媒に微細粉末粒子を懸濁して加工液とし、これを被加工物と接触させてもよい。

#### 【0049】

ハイドロプレーンポリッシングは、外周が円錐状の円盤状プレートに、研磨パッドと対向するように被加工物を固定し、被加工物と研磨パッド面が $100\ \mu\text{m}$ 程度離れるように、円盤状プレートの外周を三個の回転コロで支持する。研磨パッドと被加工物との間に研磨剤層が形成され、両者間が研磨剤で満たされるようになると、被加工物及び円盤状プレートが研磨パッドの回転に従動し、加工が進行する。

#### 【0050】

つぎに、フロートポリッシング装置及びＥＥＭ装置について説明する。

図３は、フロートポリッシング装置の概略断面図、図４は、フロートポリッシング装置の要部断面図である。

これらの図に示すように、フロートポリッシング装置２０は、回転台２１と、回転台２１の上に加工液を溜める円筒状の加工槽２２と、主軸２３（回転台２１の回転軸）に対して所定距離偏心するように回転台２１上に設けられるポリッシ

ングプレート 24 と、ポリッシングプレート 24 に対向して配置され、ポリッシングプレート 24 と同心のワークホルダ軸 25 を中心に回転するワークホルダ 26 と、加工槽 22 に微細粉末粒子を含有した加工液を供給する加工液供給手段 27 とを備えている。

#### 【0051】

回転台 21 は、高剛性で、かつ加工液に対する耐性を必要とする。したがって、回転台 21 の材質は、これら条件を備えたを有するものであればよいが、ステンレスを用いることが好ましい。また、回転台 21 は、高い回転精度と高い吸振性を必要とするため、静圧油軸受などの高性能軸受で支持することが好ましい。

また、回転台 21 には、加工液供給手段 27 から供給された加工液を排出する排出口（図示せず）が設けられている。排出口の先には、フロートポリッシングによって加工された加工屑を回収する回収機構（図示せず）も設けられている。排出口は、加工中、開放された状態になっているが、加工液供給手段 27 の供給量制御により加工槽 22 における加工液の液面が維持される。

回転台 21 は、回転駆動手段（図示せず）の駆動により、主軸 23 を中心として数十 rpm～数百 rpm で回転される。

#### 【0052】

ワークホルダ 26 は、ワークホルダ軸 25 を中心とし、回転駆動手段（図示せず）によって数十 rpm～数百 rpm で回転される。ワークホルダ 26 は、フローティング自在に支持され、回転駆動トルクのみが伝達されるようになっており、加工中の浮き沈みが許容される。なお、ワークホルダ 26 の回転方向は、回転台 21 の回転方向と同じにする。

被加工物の保持の仕方は、被加工物に対して傷などのダメージを与えない方法であればよい。例えば、真空吸着や接着剤によって被加工物がワークホルダ 26 に固定される。

#### 【0053】

ポリッシングプレート 24 の形状は、回転台 21 の主軸 23 を中心としてドーナツ状になっており、その幅は、少なくとも被加工物の大きさよりも大きくする。被加工物がワークホルダ軸 25 を中心にポリッシングプレート 24 上で回転す

るため、被加工物が正方形の場合は、被加工物の対角線方向の長さ、矩形状の場合は、被加工物の長い対角線方向の長さよりも大きい幅にする。

#### 【0054】

ポリッシングプレート 24 の上面は、凹凸形状であり、凸部 24 a 間には、加工液をリードする溝 24 b が形成され、凸部 24 a の上部は、被加工物に対して動圧を発生させるテーパ形状となっている。このテーパ形状の傾斜角度で、被加工物の浮上力（浮上距離）が制御される。テーパ形状の傾斜角度は、被加工物の浮上距離（ポリッシングプレート 24 の凸部 24 a と被加工物との距離：加工液が介在する間隙）が数  $\mu\text{m}$  となるように、被加工物の大きさなどに応じて  $1^\circ \sim 20^\circ$  の範囲で適宜調整される。また、溝 24 b の幅、深さ、ピッチは、加工液のリードを制御する。溝 24 b の幅は、 $1 \sim 5\text{ mm}$ 、深さは、 $1 \sim 10\text{ mm}$ 、ピッチは、 $0.5 \sim 30\text{ mm}$  の範囲で適宜調整される。

なお、ポリッシングプレート 24 の材質は、加工液に対して耐性を有するものであればよく、例えば、ステンレス、錫、セラミックスなどが挙げられる。

#### 【0055】

加工液の液温によっては、ポリッシングプレート 24、回転台 21、ワークホルダ 26、被加工物などに熱変形が生じ、加工精度に影響する可能性があるため、加工液は高精度に温度コントロールされている。

加工液は、例えば、純水や超純水や、アルカリや酸などの溶媒、又は上述の溶媒に、微細粉末粒子を含有させたもので、微細粉末粒子の濃度は、 $0.1 \sim 40\text{ wt\%}$  の範囲で調整されたものを使用する。

#### 【0056】

加工液供給手段 27 は、排出口より排出された加工液中に含まれる加工屑を吸塵装置により除去した後、再び加工槽 22 内に供給するように循環させてもよいし、排出口より排出された加工液量分、新品の加工液を加工槽 22 内に供給するようにしてもよい。フロートポリッシングは、ポリッシングプレート 24 と被加工物に介在する加工液層の厚さが重要なファクターであるので、加工槽 22 内にある加工液量を厳密にコントロールするために、加工液供給手段 27 の加工液供給量も高精度にコントロールされている。

**【0057】**

図5は、EEM装置の概略断面図である。

この図に示すように、EEM装置30は、加工液を溜める加工槽31と、加工槽31内に被加工物を保持する被加工物保持手段32と、加工液（微細粉末粒子）が被加工物表面のある領域に対して優先的に接触するように、被加工物表面の面方向を向く回転軸33を中心に回転する回転体34と、回転体34を被加工物に対して上下、左右に走査する移動手段35と、加工槽31に微細粉末粒子を含有した加工液を供給する加工液供給手段36とを備えている。

**【0058】**

加工槽31の材質は、加工液に対して耐性を有するものであればよい。また、加工槽31には、加工液供給手段36から供給された加工液を排出する排出口31aが設けられている。排出口31aの先には、EEMによって加工された加工屑を回収する回収機構（図示せず）が設けられている。排出口31aは、加工中、開放された状態になっているが、加工液供給手段36の供給量制御により、加工槽31における加工液の液面が維持される。

なお、被加工物の保持方法は、被加工物に対して傷などのダメージを与えない方法であればよい。

**【0059】**

回転体34の形状は、被加工物表面において加工液と優先的に接触（反応）させたい領域に応じて適宜選定する。局所的に加工液を優先的に接触させたい場合は、球状、線状とし、面の比較的広い領域で加工液を優先的に接触させたい場合は、円筒状とする。

回転体34の材質は、加工液に対して耐性を有し、かつ、なるべく低弾性のものがよい。高弾性（比較的柔らかい）だと、回転中に形状変形を引き起こしたり、形状が不安定になり、加工精度を悪化させる可能性があるので好ましくない。例えば、ポリウレタン、ガラス、セラミックスなどを使用することができる。

**【0060】**

[マスクブランクスの製造方法]

つぎに、本発明におけるマスクブランク製造方法の実施形態について説明す

る。

本発明におけるマスクブランクスの製造方法は、上述のマスクブランク用ガラス基板の製造方法によって得られたガラス基板を準備する工程と、このガラス基板上に、被転写パターンとなる薄膜を形成する工程とを有する。

マスクブランクは、透過型マスクブランクと反射型マスクブランクとに分類される。いずれのマスクブランクでも、ガラス基板上に、被転写パターンとなる薄膜が形成される。薄膜上にはレジスト膜が形成されてもよい。

#### 【0061】

透過型マスクブランクに形成される薄膜は、被転写体に転写するとき使用される露光光（露光光源から発せられる光）に対し、光学的変化をもたらす薄膜であり、例えば、露光光を遮断する遮光膜や、露光光の位相差を変化させる位相シフト膜などを指す。

遮光膜としては、一般に、Cr膜、Crに酸素、窒素、炭素、弗素を選択的に含むCr合金膜、これらの積層膜、MoSi膜、MoSiに酸素、窒素、炭素を選択的に含むMoSi合金膜、これらの積層膜などが挙げられる。

#### 【0062】

位相シフト膜としては、位相シフト機能のみを有するSiO<sub>2</sub>膜のほかに、位相シフト機能及び遮光機能を有する金属シリサイド酸化物膜、金属シリサイド窒化物膜、金属シリサイド酸化窒化物膜、金属シリサイド酸化炭化物膜、金属シリサイド酸化窒化炭化物膜（金属：Mo、Ti、W、Taなどの遷移金属）、CrO膜、CrF膜、SiON膜などのハーフトーン膜が挙げられる。

#### 【0063】

また、反射型マスクブランクは、ガラス基板上に、反射多層膜（多層反射膜）と、被転写パターンとなる光吸収体膜（吸収体層）とを含む積層膜が形成される。

光反射多層膜としては、Ru/Si周期多層膜、Mo/Be周期多層膜、Mo化合物/Si化合物周期多層膜、Si/Nb周期多層膜、Si/Mo/Ru周期多層膜、Si/Mo/Ru/Mo周期多層膜、Si/Ru/Mo/Ru周期多層膜などの材料が使用される。

光吸収体膜としては、TaやTa合金（例えば、TaとBを含む材料、TaとBとNを含む材料）、CrやCr合金（例えば、Crに窒素、酸素、炭素、弗素の少なくとも1つの元素が添加された材料）が使用される。

#### 【0064】

透過型マスクブランクスは、露光光源として、g線（波長：436nm）、i線（波長：365nm）、KrF（波長：246nm）、ArF（波長：193nm）、F2（波長：157nm）が使用され、反射型マスクブランクスは、露光光源として、EUV（例えば、波長：13nm）が使用される。

なお、上述の薄膜は、例えば、DCスパッタ、RFスパッタ、イオンビームスパッタなどのスパッタリング法で形成することができる。

#### 【0065】

##### [実施例及び比較例]

以下、EUVマスクブランクス用ガラス基板（以下、ガラス基板と称す。）の製造方法、及びEUV反射型マスクブランクスの製造方法を例として本発明の実施例を説明するが、本発明が以下の実施例に限定されないことは言うまでもない。

#### 【0066】

##### <実施例1：フロートポリッシング>

上述の研磨装置10を用い、酸化セリウム砥粒やコロイダルシリカ砥粒により段階的に研磨されたガラス基板（大きさが152.4mm×152.4mm、厚さが6.35mm）を準備した。

#### 【0067】

このガラス基板の表面形状（平坦度）を光学干渉式の平坦度測定機で測定した。ガラス基板の平坦度は、 $0.2\mu\text{m}$ （凸形状）で、表面粗さは自乗平均平方根粗さ $R_q$ （=RMS）で $0.15\text{nm}$ であった。

ガラス基板表面の形状測定結果をコンピュータに保存するとともに、EUVマスクブランクス用ガラス基板に必要な平坦度の基準値 $0.05\mu\text{m}$ （凸形状）と比較し、その差分（必要除去量）をコンピュータで計算した。

#### 【0068】

つぎに、ガラス基板面内の所定領域（5 mm□）ごとに、必要除去量に応じた局所プラズマエッチングの加工条件を設定した。設定した加工条件に従い、ガラス基板の平坦度が基準値（平坦度  $0.05 \mu\text{m}$ ）以下となるように、局所プラズマエッチングで形状を調整した。

局所プラズマエッチングのエッチングガスは、四弗化メタン、プラズマ発生筐体は、円筒型電極を有する高周波式のものとした。

#### 【0069】

局所プラズマエッチングによる形状調整を行った後、ガラス基板表面の平坦度を測定したところ、 $0.05 \mu\text{m}$ と良好であった。また、ガラス基板表面の表面粗さは  $R_q$  で約  $1 \text{ nm}$  となり、プラズマエッチング処理により表面が荒れた状態となった。

#### 【0070】

そこで、上述したフロートポリッシング装置 20 にガラス基板をセットし、非接触研磨を実施した。

フロートポリッシングにおける研磨条件は、以下の通りとした。

加工液：純水＋微細粉末粒子（濃度：2 wt %）

微細粉末粒子：シリカ（ $\text{SiO}_2$ ）、平均粒径：約  $70 \text{ nm}$

回転台回転数：5～200 rpm

ワークホルダ回転数：10～300 rpm

研磨時間：5～30 min

#### 【0071】

その後、ガラス基板をアルカリ水溶液で洗浄し、EUVマスクブランクス用ガラス基板を得た。

得られたガラス基板の平坦度、表面粗さを測定したところ、平坦度は  $0.05 \mu\text{m}$  とフロートポリッシング前の状態を維持しており良好であった。また、表面粗さは  $R_q$  で  $0.09 \text{ nm}$  であり、フロートポリッシング前のガラス基板表面の荒れの状態を改善することができた。

#### 【0072】

また、ガラス基板表面の表面欠陥を、特開平 11-242001 号公報に記載



の欠陥検査装置により検査した。この検査装置は、基板の面取り面よりレーザ光を導入して、これを全反射によって基板内に閉じこめ、欠陥により散乱されて基板から漏れ出た光を検出することによって欠陥を検査する方法である。この検査の結果、 $0.05\mu\text{m}$ を超える大きさの傷は発見されなかった。

EUVマスクブランクス用ガラス基板で求められるスペックを満足するガラス基板を得ることができた。

### 【0073】

#### <実施例2：フロートポリッシングの加工液>

フロートポリッシングにおける研磨条件を以下の通りにしたほかは、実施例1と同様にガラス基板を作製した。

加工液：アルカリ水溶液 (NaOH) + 微細粉末粒子 (濃度：2 wt %)、pH：11

微細粉末粒子：コロイダルシリカ、平均粒径：約70 nm

回転台回転数：5～200 rpm

ワークホルダ回転数：10～300 rpm

研磨時間：3～25 min

### 【0074】

その後、ガラス基板をアルカリ水溶液 (NaOH) で洗浄し、EUVマスクブランクス用ガラス基板を得た。

得られたガラス基板の平坦度、表面粗さを測定したところ、平坦度、表面粗さともに、実施例1で得られたガラス基板とほぼ同じであった。また、ガラス基板表面の表面欠陥を、特開平11-242001号公報の欠陥検査装置により検査したところ、 $0.05\mu\text{m}$ を超える大きさの傷は発見されなかった。加工液の溶媒としてアルカリ性水溶液とすることにより、研磨速度が向上し、研磨時間を短縮することができた。

### 【0075】

#### <実施例3：フロートポリッシングの加工液2>

フロートポリッシングにおける研磨条件を以下の通りにしたほかは、実施例1と同様にガラス基板を作製した。

加工液：アルカリ水溶液（NaOH）5 vol %

微細粉末粒子：なし

回転台回転数：5～200 rpm

ワークホルダ回転数：10～300 rpm

研磨時間：7～45 min

#### 【0076】

その後、ガラス基板を純水で洗浄し、EUVマスクブランクス用ガラス基板を得た。

得られたガラス基板の平坦度、表面粗さを測定したところ、平坦度、表面粗さともに、実施例1で得られたガラス基板とほぼ同じであった。また、ガラス基板表面の表面欠陥を、特開平11-242001号公報の欠陥検査装置により検査したところ、 $0.05\mu\text{m}$ を超える大きさの傷は発見されなかった。加工液の溶媒としてアルカリ性水溶液とすることにより、研磨速度が向上し、研磨時間を短縮することができた。

#### 【0077】

##### <実施例4：EEM>

局所プラズマエッチングによる平坦度調整の後の非接触研磨としてEEMを行った以外は、実施例1と同様にしてガラス基板を作製した。EEMの加工条件は以下の通りで行った。

加工液：純水+微細粉末粒子（濃度：3 wt %）

微細粉末粒子：酸化ジルコニウム（ $\text{ZrO}_2$ ）、平均粒径：約60 nm

回転体：ポリウレタンロール

回転体回転数：10～300 rpm

ワークホルダ回転数：10～100 rpm

研磨時間：5～30 min

#### 【0078】

その後、ガラス基板をアルカリ水溶液で洗浄し、EUVマスクブランクス用ガラス基板を得た。

得られたガラス基板の平坦度、表面粗さを測定したところ、平坦度は0.05

$\mu\text{m}$ とフロートポリッシング前の状態を維持しており良好で、表面粗さは $R_q$ で $0.11\text{nm}$ であり、EEM実施前のガラス基板表面荒れの状態を改善することができた。実施例1～3と比べて若干表面粗さが大きいのは、使用した微細粉末粒子の硬さが影響したものと思われる。

#### 【0079】

また、ガラス基板表面の表面欠陥を、特開平11-242001号公報の欠陥検査装置により検査したところ、 $0.05\mu\text{m}$ を超える大きさの傷は発見されなかった。

EUVマスクブランクス用ガラス基板で求められるスペックを満足するガラス基板を得ることができた。

#### 【0080】

##### <比較例>

局所プラズマエッチングによる平坦度調整の後の研磨として、研磨定盤に対向するポリッシングプレートに、ガラス基板をセッティングし、回転する研磨定盤の研磨パッド領域に、ガラス基板を上方より押付けて回転させる片面研磨方法を実施した以外は、実施例1と同様にガラス基板を作製した。片面研磨方法の研磨条件は以下のようにして行った。

加工液：アルカリ水溶液 ( $\text{NaOH}$ ) + 微細粉末粒子 (濃度：2wt%)、 $\text{pH}$ ：11

微細粉末粒子：コロイダルシリカ、平均粒径：約 $70\text{nm}$

研磨定盤回転数：1～50rpm

ポリッシングプレート回転数：1～50rpm

加工圧力：0.1～10kPa

研磨時間：1～10min

#### 【0081】

その後、ガラス基板をアルカリ水溶液 ( $\text{NaOH}$ ) で洗浄し、EUVマスクブランクス用ガラス基板を得た。

得られたガラス基板の平坦度、表面粗さを測定したところ、表面粗さは、 $R_q$ で $0.15\text{nm}$ であり良好であったが、平坦度は $0.25\mu\text{m}$ と片面研磨実施前

の状態、更には局所プラズマエッチングによる平坦度修正する前よりも悪化してしまった。

#### 【0082】

また、ガラス基板表面の表面欠陥を、特開平11-242001号公報の欠陥検査装置により検査したところ、 $0.05\mu\text{m}$ を超える大きさの傷が多数発見された。これは、ガラス基板と研磨パッドが接触した研磨のため、研磨パッド中に存在している異物等が、研磨加工中、ガラス基板に傷を与えたものと考えられる。

その結果、EUVマスクブランクス用ガラス基板で求められるスペックを満足するガラス基板を得ることができなかった。

#### 【0083】

<EUV反射型マスクブランクス及びEUV反射型マスクの作製>

図6は、EUV反射型マスクブランクス及びEUV反射型マスクを示す断面図である。

上述の実施例1～4及び比較例によって得られたガラス基板101上に、DCマグネトロンスパッタリング法により、Si膜（膜厚： $4.2\text{nm}$ ）とMo膜（膜厚： $2.8\text{nm}$ ）を一周期として、40周期積層した後、Si膜（膜厚： $11\text{nm}$ ）形成して多層反射膜102を形成した。つぎに、同様のDCマグネトロンスパッタリング法により、多層反射膜102上にバッファ層103として窒化クロム（CrN）膜（膜厚： $30\text{nm}$ ）、吸収体層104としてTaBN膜（膜厚： $60\text{nm}$ ）を形成してEUV反射型マスクブランクス100を得た。

#### 【0084】

つぎに、このEUV反射型マスクブランクス100を用いて、デザインルールが $0.07\mu\text{m}$ の16Gbit-DRAM用のパターンを有するEUV反射型マスク100aを作製した。

まず、EUV反射型マスクブランクス100上に電子線照射用レジストを塗布し、電子線により描画して現像を行い、レジストパターンを形成した。

#### 【0085】

このレジストパターンをマスクとし、吸収体層104を塩素でドライエッチン

グし、EUV反射型マスクブランクス100上に吸収体層パターン104aを形成した。

さらに、吸収体層パターン104a上に残ったレジストパターンを熱硫酸で除去した。その後、バッファ層103を塩素と酸素の混合ガスにより、吸収体層パターン104aに従ってドライエッチングし、パターン状のバッファ層103aとしてEUV反射型マスク100aを得た。

#### 【0086】

つぎに、上記EUV反射型マスク100aを用いて、レジスト付き半導体基板110にEUV光によってパターンを転写する方法を説明する。

図7は、反射型マスクによるパターン転写方法を示す説明図である。

この図に示すパターン転写装置120は、レーザープラズマX線源121、EUV反射型マスク100a、縮小光学系122などから構成される。縮小光学系122は、X線反射ミラーを用いて構成され、EUV反射型マスク100aで反射されたパターンは1/4程度に縮小される。なお、露光波長として13～14nmの波長帯を使用するので、光路が真空中になるように予め設定した。

#### 【0087】

このような状態で、レーザープラズマX線源121から得られたEUV光をEUV反射型マスク100aに入射し、ここで反射された光を、縮小光学系122を介して、レジスト付き半導体基板110上に転写した。

つまり、EUV反射型マスク100aに入射した光は、吸収体層パターン104aのある部分では、吸収体層104に吸収されて反射されず、一方、吸収体層104のパターンのない部分に入射した光は、多層反射膜102により反射される。このようにして、EUV反射型マスク100aからの反射光で形成されるパターンが、縮小光学系122を介して、半導体基板110上のレジスト層に転写される。

#### 【0088】

実施例1～4及び比較例で得たガラス基板101からなるEUV反射型マスク100aを使用し、上記のパターン転写方法によって半導体基板110にパターン転写を行ったところ、実施例1～4に係るEUV反射型マスク100aの精度

は  $0.07\ \mu\text{m}$  デザインルール の要求精度である  $16\ \text{nm}$  以下であることが確認できた。一方、比較例に係る EUV 反射型マスク 100a の精度は、 $0.07\ \mu\text{m}$  デザインルール の要求精度である  $16\ \text{nm}$  以下を満足することができなかった。

## 【0089】

### 【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、局所加工が施されたガラス基板表面を、局所加工による面荒れの改善や表面欠陥の除去を目的として研磨するにあたり、この研磨工程において、ガラス基板表面の平坦度を維持しつつ、ガラス基板表面の面荒れを改善するとともに、ガラス基板表面の表面欠陥を除去することにより、平坦度及び平滑度が高く、かつ、表面欠陥のないマスクブランク用ガラス基板、又は、それを用いたマスクブランクが得られる。

### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

マスクブランク用ガラス基板の製造工程を示すフローチャートである。

#### 【図2】

研磨装置の概略断面図である。

#### 【図3】

フロートポリッシング装置の概略断面図である。

#### 【図4】

フロートポリッシング装置の要部断面図である。

#### 【図5】

EEM装置の概略断面図である。

#### 【図6】

EUV 反射型マスクブランク及び EUV 反射型マスクを示す断面図である。

#### 【図7】

反射型マスクによるパターン転写方法を示す説明図である。

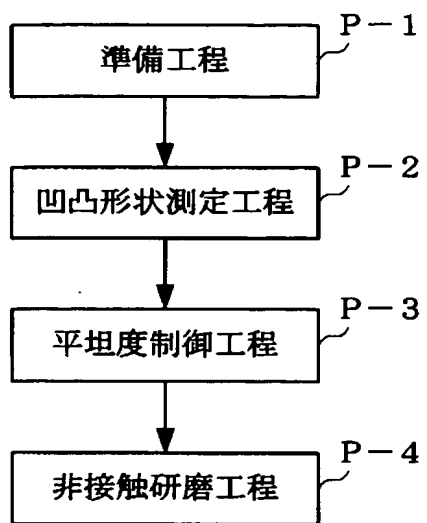
### 【符号の説明】

10 研磨装置

- 2 0 フロートポリッシング装置
- 3 0 E E M 装置
- 1 0 0 E U V 反射型マスクブランクス
- 1 0 0 a E U V 反射型マスク
- 1 0 1 ガラス基板
- 1 0 2 多層反射膜
- 1 0 3 バッファ層
- 1 0 4 吸収体層

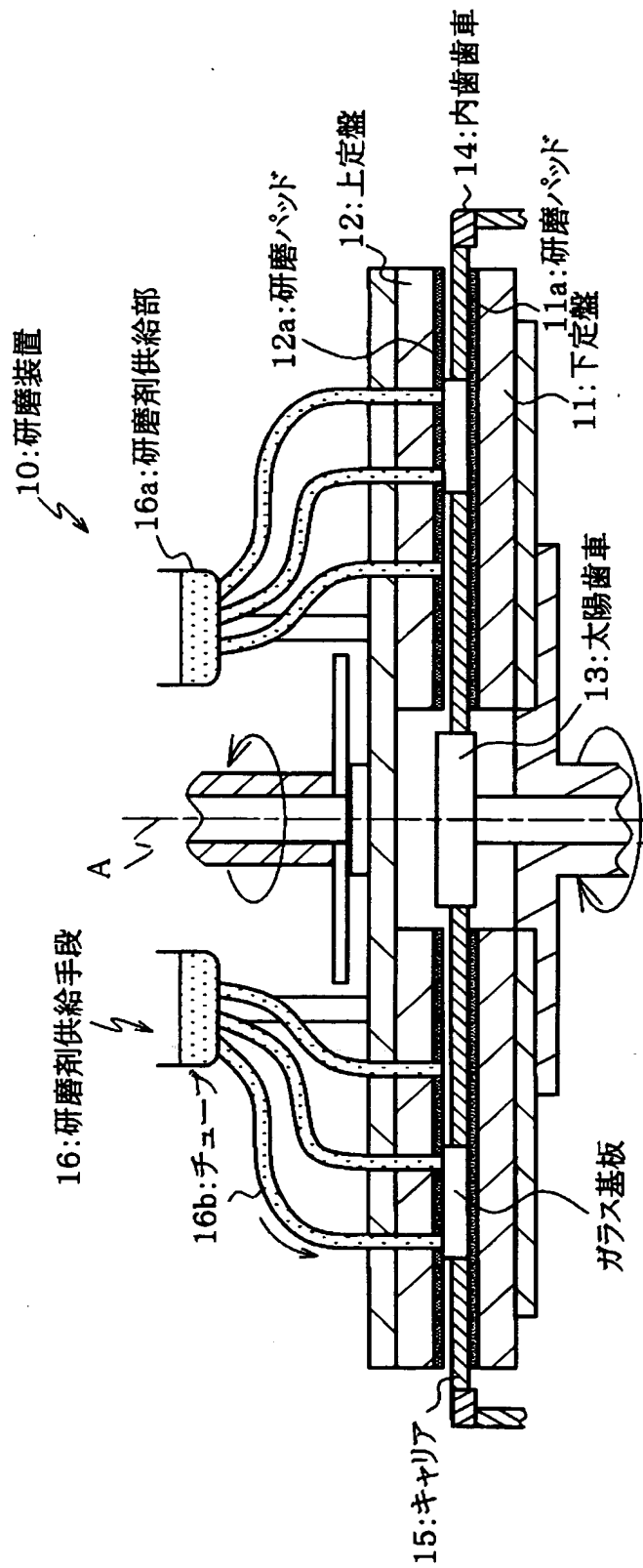
【書類名】 図面

【図 1】

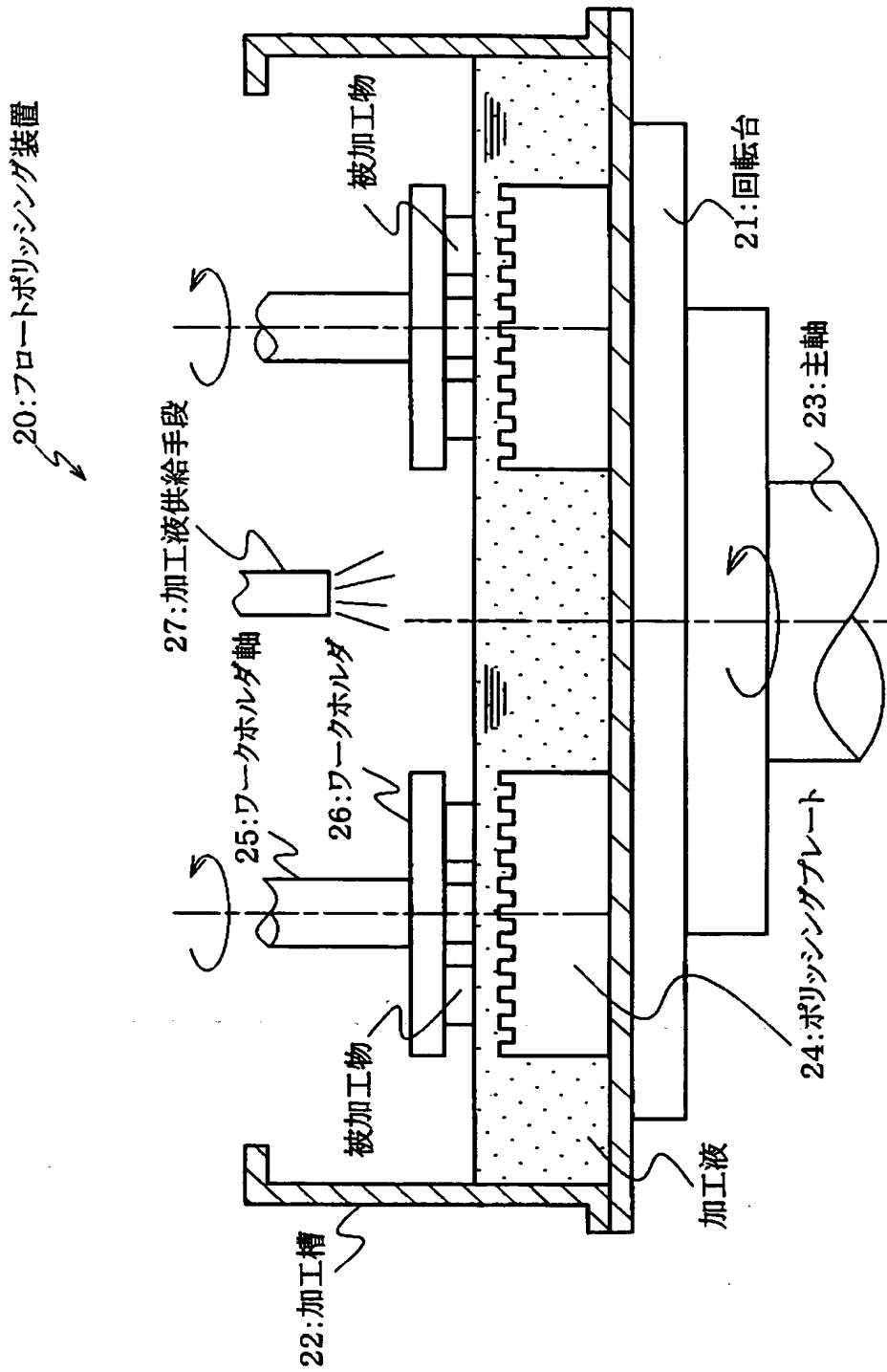




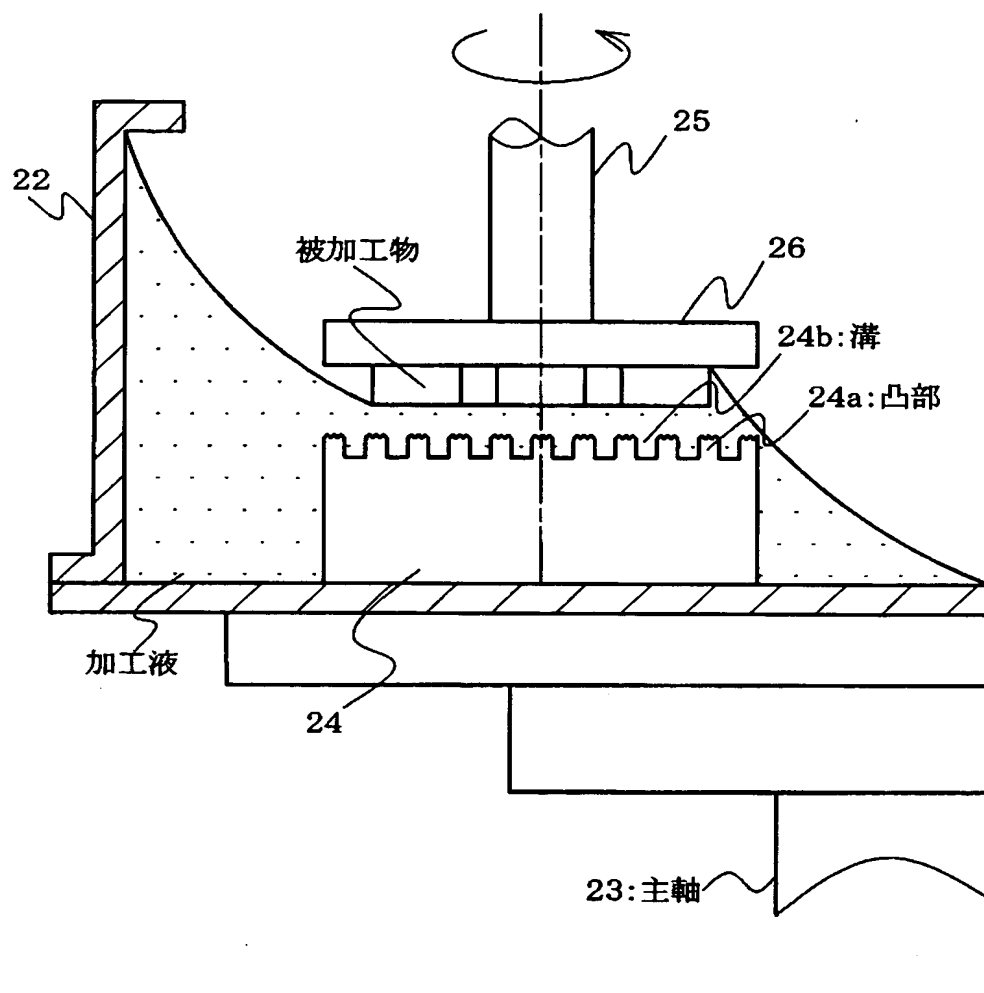
【図 2】



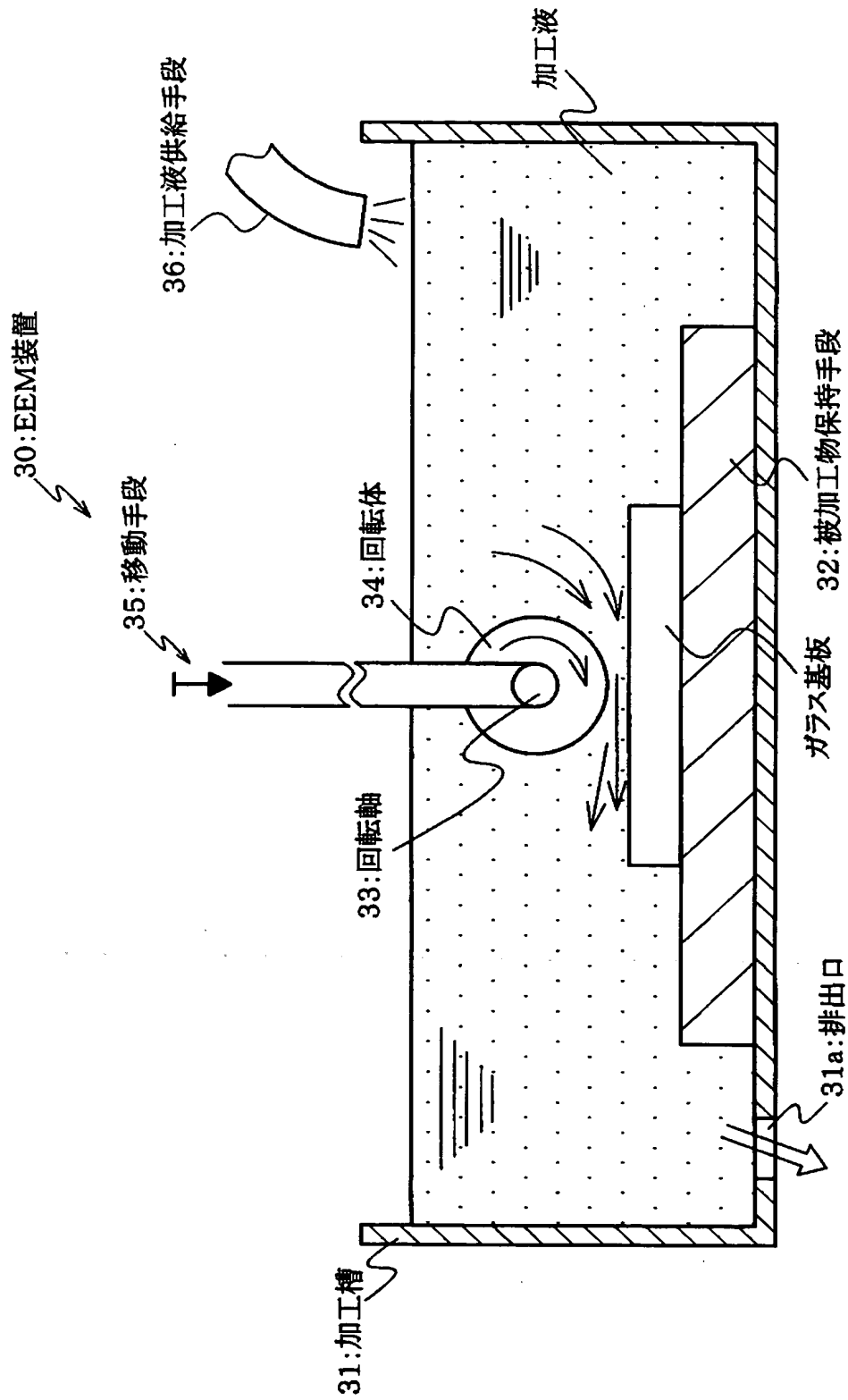
【図3】



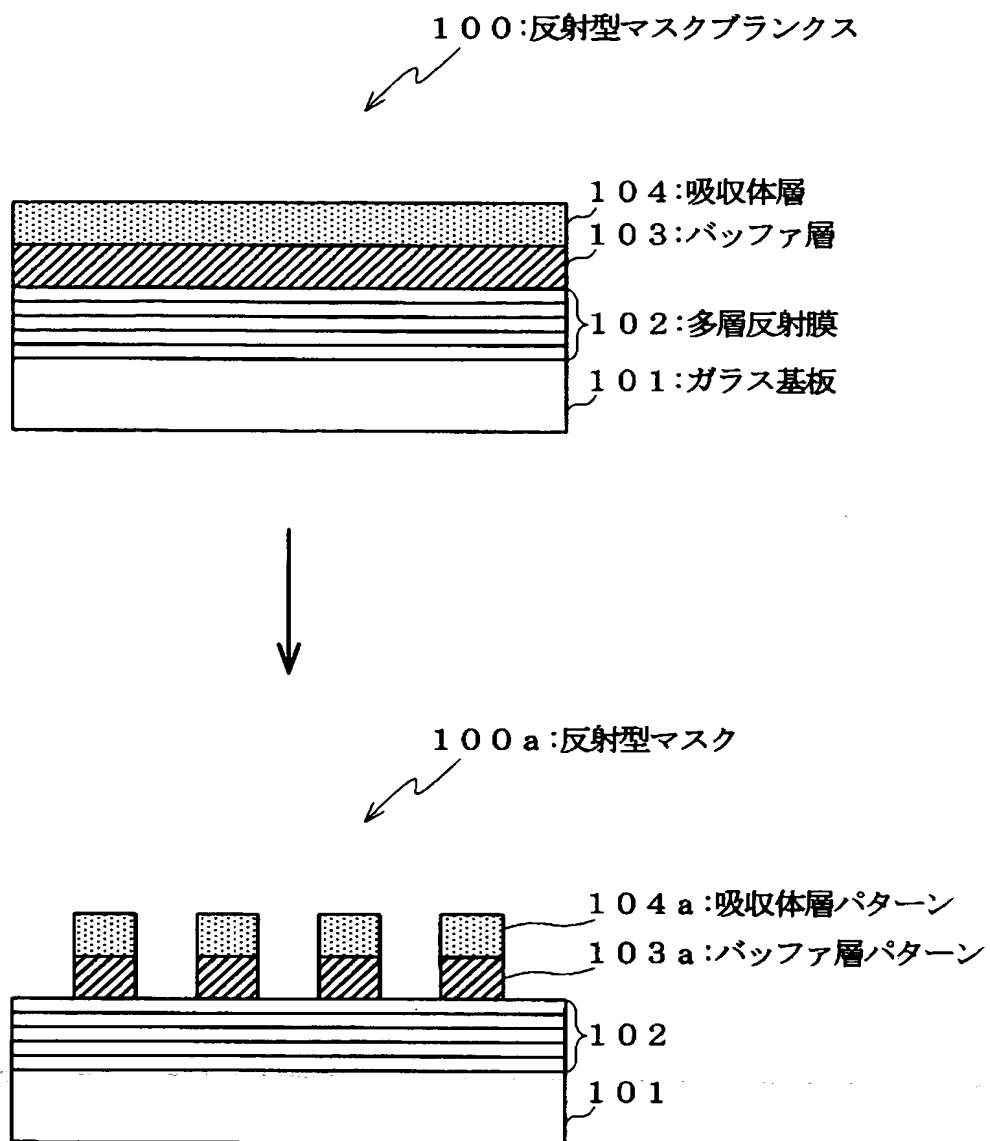
【図 4】



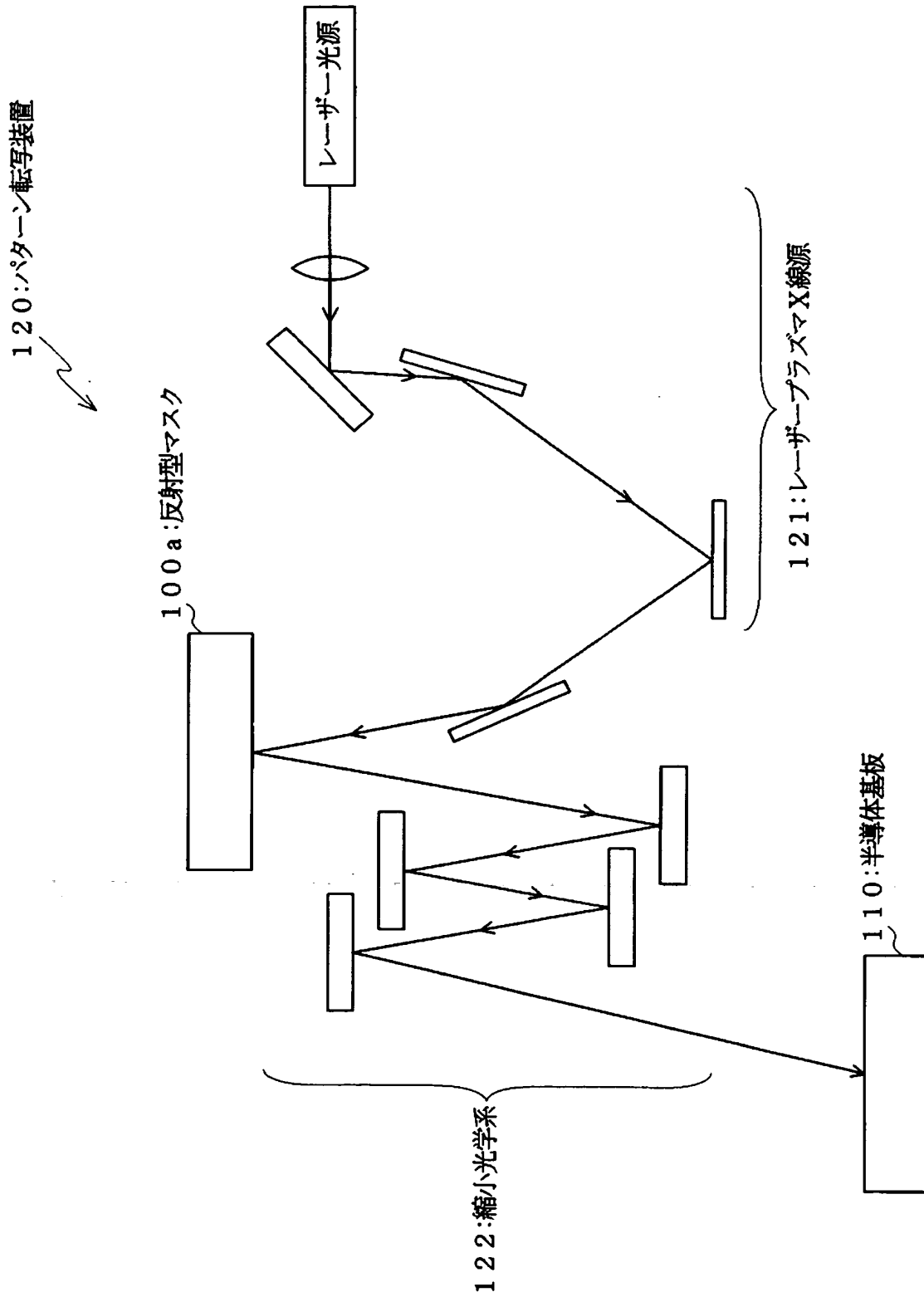
【図 5】



【図6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 局所加工が施されたガラス基板表面を、局所加工による面荒れの改善や表面欠陥の除去を目的として研磨するにあたり、この研磨工程において、ガラス基板表面の平坦度を維持しつつ、ガラス基板表面の面荒れを改善するとともに、ガラス基板表面の表面欠陥を除去する。

【解決手段】 本発明のマスクブランクス用ガラス基板の製造方法は、ガラス基板表面の凹凸形状を測定する凹凸形状測定工程と、凹凸形状測定工程で得られた測定結果にもとづいて、局所加工を施すことにより、ガラス基板表面の平坦度を所定の基準値以下に制御する平坦度制御工程と、平坦度制御工程の後、前記局所加工が施されたガラス基板表面を、研磨用工具面に接触させることなく、ガラス基板表面と研磨用工具面との間に介在する加工液の作用で研磨する非接触研磨工程とを有する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 9 0 6 8 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 1 1 3 2 6 3 ]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 1 2 月 1 0 日

[変更理由]

名称変更

住 所

東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号

氏 名

H O Y A 株式会社